ÖREBRO
UNIVERSITET

Tentamen: DT504A
Modellering och Numerisk Simulering

2022-06-07 kl. 14:15 – 19:15

Hjälpmedel: Kursboken "Modellbygge och Simulering" av L. Ljung och T. Glad, ett handskrivet A4-ark med egna anteckningar, och miniräknare.

Betygskriterier: Framgår av separat dokument publicerat på Blackboard. Maxpoäng är 60 och godkännt motsvarar 30 poäng.

Anvisningar: Motivera dina lösningar väl, redovisa alla väsentliga beräkningssteg och svara exakt. Var tydlig med vad som antas och vad som visas. Det är huvudsaklingen motiveringarna och själva lösningen som ger poäng, inte det slutgiltiga svaret. Tentamen innehåller lättare och svårare uppgifter blandat. Läs därför igenom hela tesen och välj en ordning av uppgifter som passar dig. Svara på högst en deluppgift per blad.

Rättningsförfarande: Resultat meddelas inom 15 arbetsdagar.

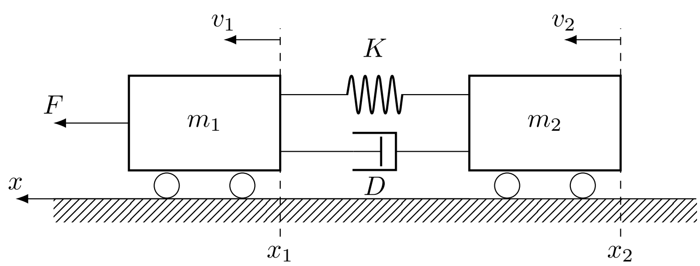
Ansvariga lärare:

- Hugo Strand, uppgift 1–4, tel. 073-313 2934
- Fransizka Klügl, uppgift 5–6, tel. 070-668 9179

Examinator: Hugo Strand

Uppgift 1

Betrakta systemet med två massor m_1 och m_2 som rullar friktionsfritt i x-led med positioner x_1, x_2 och hastigheter v_1, v_2.



Massan m_1 påverkas av en extern kraft F, medans båda massorna m_1 och m_2 påverkas av motriktade krafter från en dämpare $F_d = D \cdot (v_1 - v_2)$, och en fjäder $F_k = K \cdot (x_1 - x_2)$.

(a) Rita bindningsgrafen för systemet. (3p)

(b) Bestäm alla dimensionslösa parametrar för systemet, genom att lösa för nollrummett hos en – för systemet relevant – matris. Använd basenheterna längd L, tid T och massa M. (4p)

(c) Skriv systemekvationerna på tillståndsform. (3p)

Uppgift 2

Betrakta differentialekvationen

$$\ddot{x} + \sin x = u(t)$$

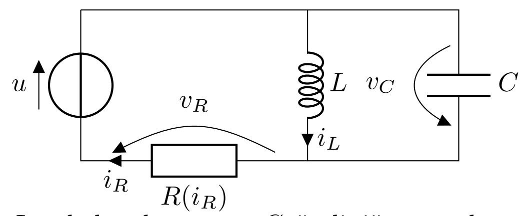
(a) Skriv systemet på tillståndsform. (3p)

(b) Bestäm systemets alla stationärtillstånd givet insignalen $u(t) = 0$. (3p)

(c) Härled en linjär tillståndsform för systemet genom att linjärisera runt ett av stationärtillstånden. (4p)

Uppgift 3

Beakta kretsen med spänningen $u(t)$ som insignal.



där induktansen L och kondensatorn C är linjära, medans resistansen R är olinjär, $v_R = R \cdot i_R^2$.

(a) Rita bindningsgrafen för systemet. (2p)

(b) Härled ett differential-algebraiskt-ekvationssystem (DAE) för systemet med den generaliserade tillståndet $\vec{z} = [i_L, v_C, i_R]^T$. (4p)

(c) Bestäm index för DAE beskrivningen. (4p)

Uppgift 4

Med egna ord svara förklarande på följande

(a) Vad är en styv differentialekvation? Beskriv två viktiga egenskaper hos numeriska algoritmer för styva differentialekvationer. (3p)

(b) Beskriv en gängse procedur för modellvalidering. (3p)

(c) Vad är skillnaden mellan en modells *variansfel* och *biasfel*? (2p)

(d) Hur bör man förhålla sig till en matematisk modell? Varför? (2p)

Discrete Event System Modelling

Uppgift 5

Petri Net

Consider the following definition of a Petri Net:

$P = \{p_1, p_2, p_3, p_4, p_5\}$
$T = \{t_1, t_2, t_3, t_4\}$
$A = \{(p_1, t_1), (t_1, p_2), (p_2, t_2), (t_2, p_1), (t_2, p_5), (p_5, t_3), (p_3, t_3), (t_3, p_4), (p_4, t_4), (t_4, p_3)\}$

for all $x \in A : w(x) = 1$

(a) Draw the graph of the Petri Net defined by the sets P,T, A and w. (3p)

(b) Give an example for a marking of this Petri Net, so that the network is deadlock free. (2p)

(c) Determine whether this Petri Net is bound or unbound? Prove (Justify) your answer. (5p)

Queueing System

(d) What does $M/M/2/3$ mean? Draw this Queuing System. (3p)

Uppgift 6

Discrete Event Simulation

Consider following discrete event simulation model, as shown in figure 1.

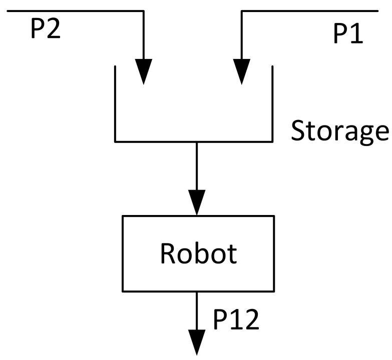


Figure 1: Robot System Example

The system is a part of a larger production site. The motivation for the simulation model is the task to find out whether the robot is fast enough to handle the incoming parts. Thus, the model to be simulated consists of one robot and a local storage with the parts that serve as an input to the robot. There are two other processes that fill the local storage with two different parts: P1 and

P2. The robot takes one of both parts and assembles them into P12. It can only work on one piece at one time.
The simulation model contains the following events starting from an empty storage

1. Arrival events for P1. The arrival process has a deterministic interarrival time of 1 hour. The first part arrives at 7:00.
2. Arrival events for P2. The arrival process is stochastic. The first event happens at 7:15. The following interarrival times give when the subsequent events happen: 40min, 75min, 30min, 60min, 35min, ...
3. The robot takes a P1 part and a P2 part, only if both parts are available. The following assembly times are drawn from the assembly time distribution generated from extensive measurements: 90min, 20min, 40min, 30min, 20min, 35min...

Simulate the system starting from 7:00 with the first arrival of a P1 part. Show clearly the content of the event queue as well as the status of the system that you simulation. Answer the following two question when doing the manual simulation:

(a) What is the status of the simulated system at simulation time 9:30? (3p)

(b) How much parts has the robot assembled and how much idle/waiting time – if any – has the robot accumulated shortly after 10:30? (4p)